

平成17年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

ふりがな（ローマ字）		YASAKA TETSUO					
①研究代表者氏名		八坂 哲雄		②所属研究機関・部局・職 九州大学・大学院工学研究院・教授			
③研究課題名	和文	惑星アエロブレーキ基礎技術の研究					
	英文	Basic Researches on Planetary Aerobrake Technology					
④研究経費		平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	総合計
17年度以降は内約額 金額単位：千円		16,700	20,200	18,500	14,300	13,900	83,600
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者）							
氏名		所属研究機関・部局・職		現在の専門		役割分担（研究実施計画に対する分担事項）	
八坂 哲雄		九州大学・大学院工学研究院・教授		宇宙工学		総括、宇宙機設計	
麻生 茂		九州大学・大学院工学研究院・教授		航空宇宙流体力学		副総括、大気航行	
花田 俊也		九州大学・大学院工学研究院・助教授		軌道力学		宇宙機設計（機能、軌道、構造）	
宇田 暢秀		九州大学・大学院工学研究院・助教授		複合材料工学		宇宙機設計（機能、軌道、構造）	
平山 寛		九州大学・大学院工学研究院・助手		宇宙工学		宇宙機設計（機能、軌道、構造）	
西田 迪雄		崇城大学・工学部・教授		高温気体力学		大気航行（木星大気力学、高速高温流体、流体力）	
安倍 賢一		九州大学・大学院工学研究院・助教授		乱流工学		大気航行（木星大気力学、高速高温流体、流体力）	
永山 邦仁		九州大学・大学院工学研究院・教授		レーザー工学		大気航行（木星大気力学、高速高温流体、流体力）	
室園 昌彦		九州大学・大学院工学研究院・助教授		構造力学		宇宙機制御（姿勢、熱）	
外本 伸治		九州大学・大学院工学研究院・助教授		制御工学		宇宙機制御（姿勢、熱）	
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>宇宙開発の成熟に伴い、太陽系の他の惑星における諸現象の研究、資源の開発などが重要な課題となる。この際問題となる輸送手段については、従来の化学推進に加えてイオン推進やソーラーセイルなどが期待されるが、最終的に惑星周回軌道に探査機を投入するためには、探査機質量の30%にも上る推進剤を使用した化学推進機が必要である。これに対し、惑星大気を利用したアエロブレーキは推進剤をほとんど不要とする極めて効率のよい惑星周回軌道投入手段である。</p> <p>本研究では、特色ある衛星を持って太陽系の縮小モデルともみなされる木星を対象と考え、これに対するアエロブレーキの課題を抽出した上で、地球周回の人衛星を使って課題に対する基礎技術を確認することを目的とする。課題としては、高度な機能を有する探査機、軌道選択の自由度と正確な軌道投入、水素を主成分とする大気層航行中の加熱と空力特性、ならびに姿勢マヌーバなどがある。軌道選択を可能とする手段として、テザー利用を候補と考える。</p> <p>基礎技術確認は2つのフェーズで行う。第一フェーズでは、小型テザー衛星を設計製作の上、地球周回軌道において宇宙航行の基本を確認すると共に、木星の科学探査では不可欠となる磁場観測を行う。第二フェーズでは大気層投入に適用する機能を備えたプローブを地球周回長楕円軌道から地球大気上層部に投入して大気層航行の性能を確認する。打ち上げはH-IIAロケットによるピギーバックを想定するが、打ち上げ実機製作と打ち上げそのものは本研究範囲外とする。</p>							

⑦これまでの研究経過（研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。）

本研究は、宇宙機設計、大気航行、宇宙機制御の3つの課題に大別しつつ、かつ相互に連携して行ってきた。

① 宇宙機設計：

小型テザー衛星 QTEX の研究開発を進め、簡易で信頼性の高いテザー伸展を実現する衛星のシステムを確定し、衛星を構成するすべての機器を安価な民生部品のみを使って学生により設計製作した。衛星は、姿勢決定と制御、運用状況の把握、電力制御、データ伝送の機能を有し、さらに地磁気観測などの観測機器追加を許容するものである。システム構成としては、MPU (H8) を用いた分散処理を特徴とし、センサー、アクチュエーター、バス機器の合計 10 ユニットは、それぞれ一個の MPU をもち、これが CAN バスを經由して結合される。機器配置を可能とする構造体には CFPR 材を多用し、熱設計では多様な軌道に適合しうる方策を施した。すべての機器を電氣的に結合した総合試験を行い、システム機能をすべて確認した。さらに、軌道上での分離のため、低い衝撃を特徴とした分離機構を開発した。構造体の強度・剛性、衛星の熱特性は振動試験機 (H15 設置) と熱真空試験機 (H16 設置) を用いた試験により、基本性能を満足し、かつ、解析と合理的な範囲で一致することを確認した。

② 大気航行：

探査機が大気圏突入する時の最大の課題である空力加熱に関し、数値解析と実験の双方により解明を進めた。アブレターの使用は熱防御に不可欠と考えられる。炭素系のアブレターを想定し、アブレターから気化したガスと、衝撃波を通過して高温解離・電離気体になった大気との反応を考慮して、流れ場の数値解析を行い、アブレーションガスの化学種の濃度を求めた。これよりカプセルへ流入する熱流束（空力加熱量）を壁面温度に対して求め、壁面温度が 3,200K 以上ならば、アブレーションによる空力加熱の低減効果が現れることを示した。実験的には、高速度カメラを用いた実験で発生するプラズマプルームを観測し、速度の異なる粒子群が存在すること、また、分光分析では炭素の放出を検出した。アブレター表面でスパーレーションがおきていることを示すものであり、諸外国の惑星探査機でみられた従来の理論では予測できない加熱、アブレター重量減少を説明しうるものである。熱防御の別の手段として、逆噴射ジェットとフィルムクーリングについても解析・実験で開発を進めた。強い衝撃波を含む流れに対応するため、吹出し・吸込みを含む流れの研究を進め、非定常大規模流れ計算に適用できる世界最先端の乱流モデルの構築を視野に入れた成果を得た。

③ 宇宙機制御：

テザーの伸展履歴を制御することにより探査機の軌道を変更する効果に関し、支配方程式を導出し、軌道パラメーターの変更可能性を数値的に導いた。大幅な変更は困難であるが、アエロブレーキの補助ないし補強として、大気の影響の誤差や投入軌道誤差の影響を修正する方法として有効である。大規模な宇宙構造物が外力や熱負荷を受けた場合の非定常温度分布と動的な構造応答を数値解析するため、熱の波動性と熱弾性連成の効果を取り込んだコードを開発した。

研究は順調に進捗し、当初予定をわずかに上回る成果を得たといつてよい。とくに、フェーズ 1 の宇宙機の全システムが完成し、宇宙環境に対する評価に入ったことは大きく、フェーズ 2 宇宙機への取り組みの基礎ができた。九州地域コミュニティと連携が進み、本研究の結果をそのまま活用した地域衛星プロジェクト QPS が立ち上がりつつある。

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

(1) 宇宙機的设计・製作 :

全てのコンポーネントが学生の手作になる小型衛星が可能となったのは極めて画期的である。本研究の基礎となった平成 11-14 年度の基盤研究 A (課題 11305069) は、共同研究相手の東京大学では 1kg 級の CubeSat として実を結び、本大学では 50kg 級の衛星に発展したものである。この衛星は第一フェーズに対応するもので、技術的新規性としては、MPU を多用した画期的な分散処理と火薬を使わない低衝撃分離装置 (特願 2005-110850) を上げることができる。また、姿勢検出・制御ユニットを含め、ここで開発したコンポーネントは安価かつ高性能な民生部品を使用しており、今後の打ち上げにより性能を実証すれば、従来の宇宙機器に比べて圧倒的な競争力を持つものとなる。また、実際に大気突入試験を行う第二フェーズの宇宙機に対しても基本の技術を提供する。

【分散処理システム】高性能で小型の MPU が安価に供給されるようになったことを最大限に利用したもので、地上システムでは利用が広まりつつあるが宇宙ではまだ実績がない CAN(Controlled Area Network)を衛星に取り込んだもの。当大学の無人航空機に関連して開発した MPU 基板を応用したものであり、さらに、これを複合冗長化して市場製品とするプロジェクトを別途立ち上げた。

【低衝撃分離装置】電気的アクチュエーターで大きな力が作用するバンドを切り離すものであり、これを従来のマルマンバンド分離機構に使った実験では、周辺に配置した機器に対する衝撃加速度を 1/100 の程度と画期的に低減できた。

(2) CFRP 構体设计・製作 :

軽量かつ信頼性の高いビギーバック実験 1 号機を開発するために、CFRP を用いた構体設計・製作・組み立てを行った。打ち上げロケットから規定される質量特性要求、剛性要求、振動特性要求を満足することを予め数値計算で確認し、製作された実機を用いて数値計算の妥当性を検証した。実機構体の構造要素の接合に不可欠であり、かつ、その構造要素の強度設計評定となる、有孔 CFRP 積層板の圧縮強度特性低下メカニズムの詳細を明らかにした。その結果、有孔 CFRP 積層板の圧縮強度特性の低下現象には、有孔 CFRP 積層板の孔周りに発生する可能性がある剥離と繊維配向角が密接に関係していることが判明したので、CFRP 構体設計の基準に反映させた。九州大学では従来から複合材料の製作、特性把握の実績を積み上げてきたが、今回、蓄積した基礎理論を実機に応用して有効な結果を得たことは特筆できる。

(3) 高温気体流れ解析 :

アーク加熱ノズル流解析、アブレーション解析、スポレーション解析において、並進・回転・振動の各温度を分離して扱う多温度モデルを導入した熱化学的非平衡状態を取扱った計算を行い、この種の極限状態での流れ解析に対する有効性を明らかにした。また、機体表面近傍の複雑な非定常乱流場への適用を目的とし、壁面近傍の乱れの非等方性をより正しく予測できる新たな乱流モデルを構築した。これは、従来九州大学が進めてきた CFD 解析の集大成とも言えるものであるとともに、新たな乱流モデルは世界的に最先端を行くものであって世界標準としての評価を狙えるものである。

(4) テザー利用の軌道制御 :

テザー衛星の伸展/回収の履歴を適切に制御することにより、軌道パラメータの組で規定される特定軌道への軌道変換ができる条件を解析的に示した。さらに、履歴を設計するために必要な変数変換を示し、計算機シミュレーションにより所望の軌道への変換が実現できることを検証した。テザーの伸展/回収により、単に軌道を変化させるに留まらず、特定軌道への変換を示した研究は過去にない。

(5) 地域産業への広がり :

本研究で開発中の小型テザー衛星は、九州地域において注目され、九州における産学官連携の別途プロジェクトとして立ち上がっている。この中で QTEX として本研究で開発した機器ユニットの技術の共有化、専門家の参加による設計レビューなど、地域の中小企業との連携が具体化している。宇宙機的设计・製作過程では、このような連携が本研究の推進に極めて有効であった。また、地域産業のなかに本研究の受け皿を作ることもつながり、本研究の意義が広まったと考える。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

【学術誌論文】

1. 浦田幸恵, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 高温環境下における炭素繊維強化ポリイミド樹脂複合材料のモード I 層間破壊靱性の計測, 日本複合材料学会誌, 第31巻, 第4号 (2005)(掲載予定)
2. Ken-ichi ABE, Yong-Jun JANG and Michael A. LESCHZINER, An Investigation of Wall-Anisotropy Expressions and Length-Scale Equations for Non-Linear Eddy-Viscosity Models, International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol.24, pp.181-198, 2003.
- ③ Michio NISHIDA, Ken-ichi ABE and Hisashi KIHARA, Numerical and Experimental Studies of an Arc-heated Nonequilibrium Nozzle Flow, Journal of Thermal Science, Vol. 12, pp.289-293, 2003.
4. Ken-ichi ABE, Tsuyoshi KAMEYAMA, Hisashi KIHARA, Michio NISHIDA, Katsuhiko ITO and Hideyuki TANNO, Computation and Experiment of a Nonequilibrium Nozzle Flow of Arc-heated Air, Journal of Thermophysics and Heat Transfer, in press
5. Ken-ichi ABE, Performance of Reynolds-averaged Turbulence and Scalar-Flux Models in Complex Turbulence with Flow Impingement, Progress in Computational Fluid Dynamics, in press.
6. Y. Sakamoto, T. Yasaka, Methods for the Orbit Determination of a Tethered Satellite System by a Single Ground Station, Memoirs of the Faculty of Engineering Kyushu University, Vol.63, No.3, pp.185-202, 2003.
7. 林健太郎, 麻生茂, 超音速流中の逆噴射ジェットによる空力加熱低減に関する研究, 日本航空宇宙学会論文集, Vol.52, pp.38-44, 2004.
8. M. Hirakawa, K. Abe, M. Nishida, K. Takeishi, M. Matsuura, Application of a 20 kW Arc-Heated Wind Tunnel to Evaluation Tests of Wall Catalysis, Transactions of the Japan Society for Aeronautics and Space Science, Vol.45, No.150, pp.217-223, 2003.
9. D. Nakazono, K. Abe, M. Nishida, K. Kurita, Supersonic O₂-jet Impingement on Liquid Iron with Surface Chemistry, ISIJ Int., Vol.44, No.1, pp.91-94, 2004.
10. R. Doihara, M. Nishida, Ablation Studies for a Super Orbital Reentry Capsule Using a Three-temperature Model, Transactions of the Japan Society for Aeronautics and Space Science, Vol.47, No.157, pp.161-166, 2004.
11. K. Abe, A Hybrid LES/RANS Approach Using an Anisotropy-Resolving Algebraic Turbulence Model, International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol.26, pp.204-222, 2004.
12. T. Hyakutake, M. Nishida, H. Kuninaka, K. Toki, DSMC-PIC Analysis of a Plume from MUSES-C Ion Engines, Transactions of the Japan Society for Aeronautics and Space Science, Vol.46 No.151, pp.24-30, 2003.

【国際会議】

1. R.Yamashita, K.Kunoo, N.Uda, K.Ono, T.Nagayasu, Y.Hirakawa and K.Watanabe, Failure Mechanisms of Compression Fatigue of Impact Damaged AS4/PEEK Composite Laminates, Proc. of the Fourth Japan/Korea Joint Workshop on Aeronautics and Astronautics, pp.74-79, 2003.
2. N.Uda, K.Kunoo, K.Ono and T.Nagayasu, Effect of Impact Damage on Compression Fatigue Response of AS4/PEEK Composite Laminates, Proc. of the 14th Int. Conf. on Composite Materials, Paper #1523, pp.1-10, 2003.
3. Y.Morimoto, K.Kunoo, N.Uda, K.Ono, T.Nagayasu and Y.Hirakawa, Flexural Behavior of Composite Sandwich Plate with Impact Damage, Proc. of the Fifth Korea/Japan Joint Workshop on Aeronautics and Astronautics, pp.1-6, 2004.
4. N.Uda, K.Kunoo, K.Ono, T.Nagayasu and R.Yamashita, Damage Development in Impacted Composite Laminates under Compression Fatigue, Proceedings of the 11th U.S.-Japan Conference on Composite Materials, pp.Dura 4.1-4.4, 2004.
5. Ken-ichi ABE, An Investigation of Algebraic Turbulence and Turbulent Scalar-Flux Models for Complex Flow Fields with Impingement and Separation, Proceedings of 3rd International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena, Sendai, pp.75-80, 2003.
6. Ken-ichi ABE, Performance of Reynolds-Averaged Turbulence and Scalar-Flux Models in Flow Fields with Impingement and Separation, Proceedings of 4th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer, Antalya, pp.747-754, 2003.

- ⑦ Shinji Hokamoto, Consideration on Control for a Tethered Satellite System through Angular Momentum Conservation, No.IAC-04-IAF-A.P.06, CD-ROM, 2004.
8. M. Miyazaki, T. Yasaka, Small Satellites from Hands-On to Deep Space, The Fourth Japan/Korea Joint Workshop on Aeronautics and Astronautics, pp.89-94, 2003.
- ⑨ T. Yasaka, Outpost in Jovian System - A Stepwise Long-term Undertaking, Proc.5th IAA Int^l Conf. On Low-Cost Planetary Missions, ESA SP-542, pp.175-180, 2003.
10. S. Aso, T. Yasaka, H. Hirayama, R. E. Poetro, S. Hatta, PRELIMINARY STUDIES ON THE PLANETARY ENTRY TO JUPITER BY AEROCAPTURE TECHNIQUE, Proc. 5th IAA Int^l Conf. On Low-Cost Planetary Missions, ESA SP-542, pp.195-202, 2003.
11. Y. Tanaka, T. Kawamura, H. Hirayama, T. Yasaka, The dynamics of inter orbital elevator verification satellite, 24th International Symposium on Space Technology and Science, 2004-d-19, 総頁6, 2004.
12. R. E. Poetro, T. Yasaka, Jupiter Aerocapture, 24th International Symposium on Space Technology and Science, 2004-d-51, 総頁6, 2004.
13. T. Yasaka, From Exploration to Permanent Settlement in Outer Planets, 24th International Symposium on Space Technology and Science, 2004-k-11, 総頁6, 2004.
14. T. Kuwahara, T. Yasaka, T. Hanada, H. Hirayama, Y. Sakamoto, T. Itahashi, Kyushu University Micro-Satellite QTEX Project, 55th International Astronautical Congress, IAC-04-IAA.4.11.5.06, 2004.
15. M. Mizuguchi, S. Aso, S. Futae, K. Hayashi, A Study on Increase of Duration of a Free Piston Shock Tunnel, Proceedings of 42nd AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, AIAA-Paper 2004-1294, 2004.
16. K. Hayashi, S. Aso, Y. Tani, A Study on Aerodynamic Heating Reduction by Opposing Jet on a Blunt Body in Supersonic Flow, Proceedings of the 5th Korea/Japan Joint Workshop on Aeronautics and Astronautics, vol.5, 総頁6, 2004.
17. T. Jinnouchi, S. Aso, Y. Tani, Fundamental Studies on Detonation Driven Expansion Tube, Proceedings of the 5th Korea/Japan Joint Workshop on Aeronautics and Astronautics, vol.5, 総頁5, 2004.
18. K. Hayashi, Shigeru Aso, Numerical Study of Thermal Protection System by Opposing Jet, 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, AIAA Paper 2005-0188, 2004.

【その他学会発表】

1. 山下涼介, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 平川裕一, 渡邊康一, AS4/PEEK複合材料積層板の衝撃後圧縮疲労における破損挙動について, 第45回構造強度に関する講演会講演集, pp.51-53, 2003.
2. 浦田幸恵, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 耐熱複合材料HM600/PIXA-MのモードI層間破壊挙動及びファイバーブリッジングの温度依存性, 第28回複合材料シンポジウム講演要旨集, pp.109-110, 2003.
3. 山下涼介, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 平川裕一, 複合材料積層板の衝撃後圧縮疲労中のキンクバンドの発生について, 日本航空宇宙学会西部支部講演会(2003)講演集, pp.131-134, 2003.
4. 浦田幸恵, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 耐熱複合材料HM600/PIXA-Mの高温環境下における層間破壊挙動計測に及ぼすファイバーブリッジングの影響, 日本航空宇宙学会西部支部講演会(2003)講演集, pp.135-138, 2003.
5. 浦田幸恵, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 高温環境下における炭素繊維強化耐熱ポリイミド樹脂複合材料のモードI層間破壊挙動とファイバーブリッジングの影響について, 九州大学応用力学研究所研究集会「複合材料の損傷と強度に関する力学的モデル」講演論文集, pp.29-32, 2004.
6. 浦田幸恵, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 炭素繊維強化耐熱ポリイミド樹脂複合材料の高温環境下モードI層間破壊挙動, 第46回構造強度に関する講演会講演集, pp.132-134, 2004.
7. 山下涼介, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 衝撃後圧縮疲労荷重を受ける複合材料積層板の破損機構, 第46回構造強度に関する講演会講演集, pp.155-157, 2004.

8. 帖地卓也, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 耐熱複合材料積層板のトランスバースクラックと層間剝離挙動の温度依存性, 日本航空宇宙学会西部支部講演会(2004)講演集, pp.151-154, 2004.
9. 森本陽平, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 衝撃損傷を受けた複合材ハニカムサンドイッチ板の曲げ疲労挙動, 第29回複合材料シンポジウム講演要旨集, pp.185-186, 2004.
10. 森本陽平, 久能和夫, 宇田暢秀, 小野幸生, 永安 忠, 衝撃損傷を有するCFRPハニカムサンドイッチ板の曲げ疲労挙動,九州大学応用力学研究所力学専門部会共同研究集会「新しい複合材料の研究開発と評価」講演論文集, pp.62-65, 2005.
11. 安倍賢一, 非線形代数型乱流モデルを適用したLES/RANSハイブリッド手法の検討, 日本流体力学学会年会2004, pp.124-125, 2004.
12. 宮田義弘, 安倍賢一, 非線形渦粘性モデルを用いたLES/RANSハイブリッド手法の検討, 第82期日本機械学会流体工学部門講演会, p.117, 2004.
13. 吉尾匡史, 安倍賢一, 周期的吹出し・吸込みを伴う非定常はく離現象に対するURANSの予測性能の検討, 第82期日本機械学会流体工学部門講演会, p.118, 2004.
14. 安倍賢一, 宮田義弘, 非線形渦粘性モデルによるLES/RANSハイブリッド手法の高Re乱流への適用に関する一考察, 平成16年度「サイレント超音速飛行実現のための実験・計算融合研究」・「レーザー駆動管内加速装置:基礎物理の解明と実用展開」合同シンポジウム, pp.68-72, 2005
15. 高橋周平, 外本伸治, 角運動量保存を利用したテザー衛星の軌道変更、ロボティクス・メカトロニクス講演会, CD-ROM, 2004.
16. 外本伸治, 非ホロノミック性を利用したテザー衛星の軌道変更に関する研究、第48回宇宙科学技術連合講演会, CD-ROM, pp.843-847, 2004.
17. 坂本祐二, 笠原孝高, 八坂哲雄, 単独局によるテザー衛星システムの軌道決定手法, 第47回宇宙科学技術連合講演会, pp.537-542, 2003.
18. 板橋孝昌, 平山寛, 八坂哲雄, 超小型テザー衛星QTEX(1) プロジェクト概要, 第48回宇宙科学技術連合講演会, 2D01, pp.819-824, 2004.
19. 田中陽介, 平山寛, 八坂哲雄, 超小型テザー衛星QTEX(2) テザー伸展系, 第48回宇宙科学技術連合講演会, 2D02, pp.825-830, 2004.
20. 坂本祐二, 池田人, 桑原聡文, 八坂哲雄, 超小型テザー衛星QTEX(3) 姿勢制御系, 第48回宇宙科学技術連合講演会, 2D03, pp.831-836, 2004.
21. 黒田智史, 八坂哲雄, 超小型テザー衛星QTEX(4) 構体系, 第48回宇宙科学技術連合講演会, 2D04, pp.837-842, 2004.
22. 永井弘人, 室園昌彦, 超大型宇宙建造物の熱弾性波動の伝播, 第45回構造強度に関する講演会, pp.75-77, 2003.
23. 永井弘人, 室園昌彦, 超大型宇宙建造物の動的応答に及ぼす熱弾性波動と完全連成の影響, 第45回宇宙科学技術連合講演会, pp.1586-1591, 2003.
24. 鬼鞍宏樹, 倉員靖雄, 室園昌彦, 外部からの加熱による柔軟建造物の動的応答の相似則に関する実験的検証, 第46回構造強度に関する講演会講演集, pp.182-184, 2004.
25. 麻生茂, 八田真児, R. E. Poetro, 平山寛, 八坂哲雄, 木星のマルチパスエアロキャプチャーにおける宇宙機に働く力と加熱率の推定, 宇宙輸送シンポジウム, 平成15年度, pp.178-181, 2004.